

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Peningkatan kualitas air menjadi salah satu perhatian dunia khususnya negara-negara yang mengikuti *World Water Forum* atau forum air dunia. Forum ini merupakan salah satu pertemuan global terbesar mengenai air yang diselenggarakan setiap tiga tahun oleh *World Water Council* (WWC) dan negara tuan rumah sebagai penyelenggara. *World Water Forum* ini bertujuan untuk memperkuat kolaborasi, kerjasama dan kemitraan dunia dalam mencari solusi dan mendorong kebijakan dalam pengelolaan air dan sanitasi. Pelaksanaan *World Water Forum* ke-10 yang diselenggarakan Bali, Indonesia membahas 4 fokus utama, yaitu: (i) konservasi air; (ii) air bersih dan sanitasi; (iii) ketahanan pangan dan energi; (iv) mitigasi bencana alam. Penyelenggaraan *World Water Forum* ke-10 di Bali tersebut merupakan salah satu percepatan dalam mencapai target *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor enam, yaitu: pemenuhan akses air bersih dan sanitasi yang layak bagi semua. Konservasi air adalah salah satu fokus dalam *World Water Forum* ke-10 yang merupakan suatu upaya untuk perlindungan, pemeliharaan dan pelestarian keberadaan sumber daya air agar selalu tersedia baik kuantitas maupun kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup pada masa sekarang dan masa yang akan datang. Dalam konstitusi negara Republik Indonesia pengelolaan air termasuk ke dalam pengelolaan sumber daya alam yang diatur dalam Undang-Undang Dasar RI tahun

1945 pasal 33 ayat 3 yang berbunyi: Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat.

Konservasi air dapat dilakukan dengan kegiatan perlindungan dan pelestarian sumber daya air, pengawetan air, pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Dalam hal pengawetan air dapat dilakukan dengan pemeliharaan kualitas air dengan menerapkan teknologi pengolahan air limbah baik yang dihasilkan dari air limbah rumah tangga, industri kecil UMKM maupun industri besar. Pengendalian pencemaran air yang merupakan bagian dari konservasi air adalah untuk mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada pada sumber air dengan cara mencegah masuknya pencemaran air ke sumber air. Upaya pengendalian pencemaran air dapat dilakukan dengan upaya preventif yang dapat dilakukan untuk mengendalikan pencemaran air seperti pengolahan air limbah yang bersumber baik dari rumah tangga, industri besar maupun industri kecil UMKM.

Air limbah merupakan air sisa dari suatu kegiatan manusia dan biasanya mengandung bahan – bahan pencemar yang jika dibuang ke badan air atau sungai tanpa melalui proses pengolahan dan melebihi kemampuan sungai untuk menerimanya akan menyebabkan pencemaran dan menurunnya kualitas air sungai, sedangkan air sungai menjadi salah satu sumber air bagi kehidupan mahluk hidup. Pencemaran yang mengakibatkan menurunnya kualitas air tersebut dapat berasal dari limbah tersebar (*nonpoint sources*) dan limbah terpusat (*point sources*). Untuk limbah tersebar, seperti limbah pertanian dan limbah domestik

sementara untuk limbah terpusat (*point sources*) seperti limbah industri pangan, perhotelan dan lain - lain termasuk didalamnya adalah limbah dari industri kecil.

Cemaran air limbah yang dibuang ke saluran air dan sungai akan terjadi penguraian secara biologis oleh bakteri dengan memanfaatkan oksigen terlarut didalam air dalam kondisi aerob dan bila beban cemaran terus menerus di buang ke saluran air, maka beban pencemar akan semakin tinggi dan oksigen terlarut yang terkandung di dalam air akan semakin menurun. Bila di dalam air sudah tidak ada oksigen terlarut, maka penguraian akan dilakukan oleh bakteri anaerob dan akan timbul bau busuk dan air berwarna hitam, sehingga mengganggu estetika dan menurunkan kualitas air permukaan serta air sungai tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya dan sebagai media penyebaran penyakit. Jika ini terus terjadi dalam kondisi yang lama dimungkinkan akan mencemari airtanah. Kondisi seperti ini terjadi pada lingkungan yang diakibatkan oleh air limbah yang tidak dikelola dengan baik.

Pada kegiatan industri besar, pencemaran biasanya relatif dapat terkendali dari pada industri kecil, karena pada industri besar ini sudah didukung manajemen pengelolaan usaha yang profesional, didukung dengan finansial, sumber daya manusia dan teknologi. Tetapi untuk industri kecil yang pada umumnya belum didukung oleh manajemen yang handal, keterbatasan sumberdaya manusia dan finansial masalah pencemaran masih sulit dikendalikan. Industri kecil harus memperhatikan aspek lingkungan terutama efisiensi penggunaan sumber daya alam, meliputi air, bahan dan energi. Agar industri kecil di Indonesia tetap berkembang maka langkah – langkah perbaikan bukan hanya pada aspek iklim

usaha saja tetapi juga pada aspek pengelolaan lingkungan. Fakta menunjukkan bahwa aspek pengelolaan lingkungan di industri kecil masih dihadapkan pada kendala – kendala kurangnya pendanaan lingkungan, keterbatasan sumber daya manusia kurangnya panduan praktis pengelolaan lingkungan dan lain – lain (Geiser, K.2002).

Menurut Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2008 Tentang usaha mikro, kecil dan menengah bahwa usaha kecil didefinisikan sebagai usaha ekonomi produktif yang berdiri sendiri yang dilakukan oleh orang perseorangan atau badan usaha yang bukan merupakan anak perusahaan atau bukan cabang perusahaan yang dimiliki, dikuasai atau menjadi bagian baik langsung maupun tidak langsung dari usaha menengah atau usaha besar yang memiliki kriteria usaha sebagaimana dimaksud dalam undang – undang ini. Adapun kriterianya adalah memiliki kekayaan lebih besar dari Rp. 50.000.000,00 (lima puluh juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp. 500.000.000,00) lima ratus juta rupiah) tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha atau memiliki hasil penjualan tahunan lebih dari Rp 300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp. 2.500.000.000,00 (dua milyar lima ratus juta rupiah).

Meskipun mempunyai keterbatasan dalam hal kekayaan dan hasil penjualan tahunan yang dimiliki oleh usaha kecil/sentra industri kecil, namun keberadaannya telah banyak berperan dalam mengangkat perekonomian masyarakat dan mempunyai potensi besar dalam penyerapan tenaga kerja, pengurangan kemiskinan, pemerataan pendapatan dan pembangunan pedesaan,

oleh karenanya pengembangan dan daya saingnya perlu mendapatkan perhatian khusus (Subiyanto, 2015), termasuk dalam hal pengelolaan lingkungan.

Indonesia merupakan salah satu negara maritim yang memiliki potensi besar akan sumber daya perikanan. Dengan potensi sumber daya perikanan tersebut mendorong perkembangan industri pengolahan hasil perikanan, baik secara industri maupun UMKM. Hasil samping dari kegiatan pengolahan hasil perikanan tersebut akan menghasilkan limbah berupa air limbah dari kegiatan pencucian ikan maupun limbah padat dari kegiatan pemfiletan berupa saluran pencernaan ikan (jeroan ikan), sisik dan lain sebagainya, air limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan berupa pencemaran air, bau dan mengganggu estetika.

Salah satu industri pengolahan hasil perikanan adalah industri kerupuk ikan yang dijadikan sebagai lokasi penelitian, yaitu di sentra industri kerupuk ikan Desa Kenanga Kecamatan Sindang Kabupaten Indramayu Jawa Barat merupakan salah satu UMKM yang perlu mendapatkan perhatian dalam hal pengelolaan lingkungan, khususnya pengolahan air limbah. Di UMKM ini air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke saluran air di sekitar lokasi sentra industri dan terlihat berwarna hitam serta berbau busuk, mengganggu estetika dan belum dilakukan pengolahan yang merupakan contoh nyata terjadinya pencemaran lingkungan yang terjadi pada lingkungan sentra industri kecil yang diakibatkan oleh air limbah tidak dikelola dengan baik. Air limbah yang dihasilkan dari UMKM tersebut selanjutnya di buang ke Sungai Cimanuk yang merupakan sungai terbesar di kabupaten Indramayu. Sungai Cimanuk ini merupakan sungai yang

airnya dijadikan sebagai sumber utama dan menjadi andalan sumber air baku untuk air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kabupaten Indramayu. Sungai Cimanuk ini adalah satu-satunya sumber air baku untuk memenuhi air bersih di Kabupaten Indramayu, mengingat lokasi kabupaten Indramayu yang berada di pantai utara yang sebagian besar air tanahnya terasa asin atau payau sehingga tidak bisa dijadikan sebagai sumber air baku. Dengan demikian kualitas air permukaan Sungai Cimanuk harus tetap dijaga agar dapat memenuhi kualitas sebagai sumber air baku untuk air bersih. Upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas air sungai tersebut, yaitu dengan pengendalian pencemaran air pada Sungai Cimanuk yaitu dengan upaya konservasi air. Upaya konservasi air dan pemenuhan air bersih serta sanitasi merupakan dua fokus utama dalam pembahasan *World Water Forum*.

Sumber air limbah yang dihasilkan oleh industri kerupuk ikan ini dari proses pencucian ikan/udang, es yang mencair dari pembekuan ikan, proses pembacaman ikan serta pencucian peralatan produksi (Abdulgani H, 2013). Beberapa laporan terkait dengan kandungan air limbah industri kerupuk ini, diantaranya Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Indramayu yang menganalisis kualitas air limbah industri kerupuk tersebut mulai tahun 2010 sampai 2019, dengan nilai rerata pH 5,2; *Total Suspended Solid* (TSS) 418 mg/l, BOD₅ 1.615 mg/l, COD 2.427 mg/l. Hasil laporan tersebut menunjukkan konsentrasi yang melebihi baku mutu yang berpedoman pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah lampiran XIV Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau kegiatan pengolahan

hasil perikanan diantaranya baku mutu untuk pH 6 – 9, sedangkan TSS, Amoniak, BOD₅ dan COD berturut turut sebesar 100mg/l, 10mg/l, 100 mg/l dan 200 mg/l. Dengan kondisi air limbah tersebut dapat merupakan sumber pencemar potensial yang dapat memberikan dampak serius bagi lingkungan.

Pemantauan kualitas air pada saluran drainase yang dijadikan sebagai pembuangan air limbah di sekitar lokasi industri kerupuk yang dilakukan oleh Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Indramayu pada tahun 2010 diperoleh kandungan COD sebesar 87,02 mg/l; BOD 65 mg/l dan pada tahun 2012 dihasilkan kandungan COD sebesar 283 mg/l; BOD 70 mg/l. Hasil pengujian kualitas air pada saluran tersebut telah melampaui Baku Mutu Air kelas 4 (empat), yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan Hidup lampiran VI Baku Mutu Air Sungai dan sejenisnya, yaitu untuk parameter COD maksimal sebesar 80 mg/l dan BOD maksimum 12 mg/l.

Kandungan bahan organik yang cukup tinggi pada air limbah yang dihasilkan oleh industri kerupuk ikan yang menyebabkan pencemaran. Kandungan bahan organik tersebut dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu diperlukan pengembangan teknologi biologis untuk mengolah air limbah tersebut. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah secara biologis ini paling banyak digunakan untuk menurunkan polutan organik dan nutrisi karena keefektivitasnya dalam hal biaya dan efesiensi pengolahannya yang tinggi (Xu et al., 2018). Efisiensi dari pengolahan secara

biologis tergantung pada konfigurasi reaktor, kondisi operasional dan karakteristik air limbah (Mohan et al., 2007).

Proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik dapat terjadi secara anaerob maupun aerob. Pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metan. Secara umum, proses anaerob terdiri dari empat tahap yakni: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana. Proses anaerob dikendalikan oleh dua golongan mikroorganisme (hidrolitik dan metanogen) (BPPT, 1997). Sedangkan proses pengolahan air limbah secara aerob dilakukan oleh mikroorganisme aerob yang membutuhkan oksigen dalam penguraian bahan pencemar atau bahan organik yang kompleks menjadi CO₂ (karbon dioksida) dan air serta amonium (Arie Herlambang, 2001).

Beberapa teknologi biologis untuk pengolahan air limbah diantaranya Rawa/ lahan basah buatan (*Constructed wetland*), *Rotating Biological Contactor* dan lumpur aktif (*activated sludge*). Namun teknologi pengolahan air limbah diatas memiliki kekurangan diantaranya adalah membutuhkan lahan yang luas dan untuk lumpur aktif (*activated sludge*) produksi lumpur yang tinggi dan memiliki efisiensi penyisiran polutan yang rendah terutama pada limbah dengan kandungan polutan organik dan anorganik yang tinggi (Tran dan Gin, 2017). Untuk mengatasi kekurangan tersebut dibutuhkan alternatif teknologi lain yang salah satunya adalah teknologi sistem biofilm. Secara umum dalam sistem biofilm ini terjadi ketika mikroorganisme yang sudah beradaptasi seperti lumpur atau

penyemaian biomassa yang pada permukaan media dalam proses pengolahan biofilm, maka kandungan organik dalam air limbah seperti COD dan asam lemak volatil akan dikonsumsi oleh biofilm ketika melewati reaktor (Rodgers et al., 2006). Penggunaan biofilm untuk pengolahan air limbah ini memiliki keuntungan diantaranya produksi lumpur lebih sedikit, penggunaan optimal lumpur sebagai biofilm dalam reaktor, waktu retensi padatan tinggi dan waktu retensi hidrolik (HRT) rendah operasi sederhana dan biaya rendah, produksi metan sebagai sumber energi dan kebutuhan energi rendah serta efisiensi penghilangan yang tinggi dalam penghilangan bahan organik (Mohan et al., 2007; Cresson et al., 2006; Rodgers et al., 2006). Keunggulan pengolahan air limbah dengan sistem biofilm ini juga dikemukakan oleh Yingxin Zhao et al., 2019, yaitu diantaranya konsentrasi biomassa aktif tinggi, membutuhkan lahan yang lebih sedikit, waktu retensi hidrolik berkurang, kinerja lebih stabil, produksi lumpur rendah, komunitas mikroba dalam biofilter cenderung lebih beragam sehingga dapat menguraikan berbagai polutan organik.

Salah satu teknologi biofilm ini adalah teknologi biofilter. Teknologi biofilter ini termasuk biofilm yang proses biologis biakannya melekat (*attached culture*), oleh karena itu diperlukan media dimana permukaan media tersebut digunakan sebagai media melekatnya biofilm/mikroorganisme. Pengoperasian pengolahan air limbah dengan biofilter ini dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke dalam suatu reaktor. Di dalam reaktor terdapat media biofilter dan sebagian besar mikroorganisme tumbuh dan berkembangnya serta melekat pada permukaan media membentuk lapisan biofilm, sehingga pada saat air limbah yang

mengandung polutan dialirkan dan mengalir melalui celah antar media dan kontak langsung dengan lapisan biofilm (massa mikroba). Mikroorganisme yang melekat pada media biofilter ini akan menguraikan senyawa organik yang terkandung dalam air limbah. Teknologi biofilter ini dapat diaplikasikan secara anaerob, aerob maupun kombinasi anaerob aerob.

Kombinasi teknologi biofilter merupakan penggunaan biofilter yang memadukan proses anaerobik dan aerobik dalam mengolah air limbah. Pada fase anaerobik (tanpa oksigen) terjadi degradasi zat organik oleh mikroorganisme anaerob dimana zat organik akan diubah dari senyawa organik kompleks menjadi senyawa asam asetat dan metana. Hal ini diikuti dengan pengolahan aerobik, dimana pasokan oksigen meningkatkan aktivitas mikroba untuk menguraikan sisa bahan organik dari proses sebelumnya. Proses secara aerob penguraian senyawa kompleks organik oleh mikroorganisme aerob yang dalam aktivitasnya mikroorganisme ini membutuhkan oksigen. Senyawa organik kompleks yang terkandung di dalam air limbah dipecah menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dan Amonium. Dalam pengolahan gabungan sistem biofilter anaerobik dan aerobik ini keduanya bekerja sama untuk mengurangi polutan dalam air limbah. Pengolahan anaerobik efektif dalam memecah senyawa organik kompleks melalui hidrolisis dan fermentasi, yang menyederhanakan beban organik untuk pengolahan aerobik. Tahap aerobik melengkapi oksidasi senyawa yang disederhanakan, sehingga kualitas air limbah menjadi lebih baik.

Jang et al. (2015) menggunakan kombinasi anaerobik-aerobik termofilik mesofilik dalam pengolahan air limbah makanan berkekuatan tinggi dan

menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghilangkan kandungan COD dan amonia dalam air, mencapai 90%. Namun, menjaga stabilitas mikroba dan mengoptimalkan parameter operasional menjadi hal yang penting karena sejalan dengan kinerja reaktor dari proses gabungan (Jang et al. 2015, Tian et al. 2016).

Efektifitas pengolahan air limbah dengan sistem biofilter ini sangat tergantung pada pembentukan biofilm yang merupakan fungsi sebagai faktor biotik dan abiotik yang dipengaruhi oleh (i) keanekaragaman komunitas mikroba;(ii) Sifat fisik permukaan media biofilter yang berkaitan dengan interaksi elektrostatis dan energi permukaan pada adhesi bakteri ke permukaan media biofilm;(iii) kekasaran permukaan media biofilm;(iv) sifat kimia dari permukaan media biofilm;(v) faktor pH dan suhu (Renner dan Weibel, 2011). Media biofilm yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu anorganik, inert organik dan bahan organik (Yingxin Zhao et al., 2019).

Bagian terpenting dalam teknologi biofilter adalah media penyangga. Media biofilter ini merupakan faktor abiotik dalam pembentukan biofilm. Media ini sebagai tempat dimana mikroorganisme berkembangbiak. Perbedaan media yang digunakan dalam biofilter akan mempengaruhi efisiensi penurunan parameter pencemar yang terkandung dalam air limbah. Beberapa sifat fisik media biofilter yang dapat mempengaruhi pembentukan biofilm, yaitu kekasaran permukaan media, struktur pori, area spesifik dan jenis bahan media biofilter (Guo et al., 2010). Berdasarkan sifat bahan media penyangga yang digunakan dalam teknologi biofilter terbagi atas 3 (tiga) kelompok, yaitu bahan anorganik, bahan organik inert dan bahan organik reaktif.

Salah satu bahan anorganik yang dapat digunakan untuk media biofilter adalah batuan andesit. Batuan andesit adalah batuan vulkanik yang diberi nama berdasarkan batuan ekstrusif besar yang ditemukan di pegunungan Andes di Amerika Selatan. Ketersediaan batuan andesit di Indonesia cukup melimpah karena Indonesia adalah salah satu negara dengan gunung berapi terbanyak di dunia, yaitu sebanyak 129 gunung api aktif. Batu andesit ini sering digunakan oleh pengrajin batu alam sebagai hiasan atau interior. Dalam proses pembuatan interior, dilakukan pemecahan dan pemotongan batu alam andesit sesuai dengan ukuran, sehingga menghasilkan potongan-potongan batuan yang kecil. Potongan-potongan kecil batuan tersebut belum dimanfaatkan kecuali hanya untuk urugan tanah saja. Salah satu pengrajin batu alam andesit tersebut berada di Palimanan Kabupaten Cirebon. Dalam penggunaan batuan andesit sebagai media biofilter dalam pengolahan air limbah selain ketersediannya melimpah, mudah didapat, ekonomis juga batuan andesit ini memiliki keunggulan lainnya. seperti tingkat kekerasan tinggi, dan memiliki sifat mekanik yang baik, sifat kimia yang stabil (Wang et al., 2016) serta cenderung memiliki luas permukaan spesifik yang luas (Muller Renno et al., 2013; Wang et al., 2016). Andesit juga dapat bertahan pada rentang suhu yang luas. Andesit dengan tekstur porfiritik dan struktur vesikular atau berpori dikenal juga sebagai *wheat rice stone* (WRS), yang digunakan dalam pengolahan air karena kemampuan adsorpsi dan bioaktif yang dihasilkan dari disosiasi kationnya. Kementrian Kesehatan RI, (2011), bahwa batu andesit memiliki kelebihan untuk digunakan sebagai media biofiter diantaranya yaitu: bersifat inert dan tidak mudah pecah, memiliki kekuatan mekanikal yang

baik, memiliki sifat kebasahan yang baik dan mudah didapatkan serta ekonomis. Namun demikian batu andesit juga memiliki kelemahan jika digunakan sebagai media biofilter diantaranya: memiliki fraksi volume rongganya yang sangat rendah, batu andesit memiliki beban massa yang berat sehingga instalasi sulit untuk dipindahkan dan relatif permanen serta mudah terjadi penyumbatan.

Saber A. El Shafai dan Zahid (2013); Sumiyati, et, al., (2018) menggunakan media biofilter batuan vulkanik dalam teknologi biofilter untuk menurunkan kandungan karbon dan nitrogen dalam menurunkan polutan air limbah domestik. Kekasaran permukaan dan struktur pori yang lebar dari media biofilter anorganik dapat melindungi mikroorganisme dari beban kejut serta dapat memberikan kondisi yang baik dalam melekatnya biofilm pada permukaan (Zhang et al., 2010). Namun demikian terdapat beberapa kelemahan dari media biofilter bahan anorganik ini diantaranya adalah pembentukan biofilm yang lambat, permeabilitas yang kecil, resistensi aliran yang besar dan mudah mengalami penyumbatan (Inam et al., 2011; Misaelides et al., 2011; Zhang et al., 2016b)

Beberapa penelitian menunjukkan kemampuan media biofilter dalam teknologi biofilter dalam mengolah air limbah diantaranya dilakukan oleh Hidayat, Fauzi dan Suoth, 2019, yang mengolah limbah rumah tangga dengan multimedia biofilter (*bioball*, *honeycomb*, arang aktif, zeolite dan serutan kayu) dengan sistem sirkulasi yang laju debit 2 liter/detik. Penelitian tersebut tidak menggunakan penambahan mikroorganisme dan pembentukan biofilm dilakukan dengan mensirkulasi air limbah selama 1-2 minggu. Penelitian tersebut

menghasilkan efisiensi penurunan parameter BOD (40,6% - 86,5%); COD (63,8% - 91,2%); Minyak dan lemak (44,5% - 91,6%); TSS (82,6% - 98,4%).

Sumiyati., Purwanto., Sudarno, (2018) dalam penelitiannya yang menganalisis pengaruh penambahan biaktovator mikroorganisme lokal dan lumpur IPAL terhadap penurunan COD dalam air limbah domestik. Dalam penelitiannya menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob dengan media krikil vulkanik dan dioperasikan secara kontinyu. Dari penelitiannya dihasilkan bahwa penambahan mikroorganisme lokal berpengaruh pada penurunan COD dan tertinggi pada HRT 12 jam kondisi anaerob dan 7,5 jam kondisi aerob.

Teknologi pengolahan air limbah dengan teknologi biofilter ini merupakan salah satu pengolahan air limbah secara biologis. Metode biologis ini dengan memanfaatkan mikroorganisme (Zaman et al, 2020). Penambahan bioaktivator berupa mikroorganisme ini dilakukan pada saat *seeding* dan aklimatisasi. Penambahan bioaktivator ini bertujuan untuk mempercepat terbentuknya lapisan biofilm pada permukaan media biofilter sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses *seeding* dan aklimatisasi akan lebih singkat dan dapat mempercepat proses penguraian senyawa organik yang terkandung di dalam air limbah. Bioaktivator tidak mengandung bahan berbahaya maupun beracun sehingga ramah lingkungan. Bioaktivator dalam pengolahan air limbah mampu mencegah timbulnya bau, meningkatkan laju metabolisme bakteri secara signifikan, serta meningkatkan penguraian terhadap bahan organik. Bioaktivator ini dapat berasal dari mikroorganisme lokal (MOL) (Yunilas et al., 2022).

Mikroorganisme lokal (MOL) merupakan cairan hasil fermentasi yang mengandung unsur hara mikro dan makro, serta mengandung bakteri yang memiliki potensi sebagai pengurai bahan organik (Hadi, 2019). Bahan utama MOL terdiri atas komponen sumber karbohidrat, glukosadan sumber mikroorganisme (Palupi, 2015). Larutan MOL yang mengandung unsur makro dan mikronutrien serta bakteri memiliki potensi sebagai pengurai bahan-bahan organik. Keanekaragaman bakteri yang diisolasi dari larutan MOL bergantung pada sumber bahan baku yang digunakan, serta kondisi fermentasi, yaitu secara aerobik atau anaerobik. Fermentasi anaerobik tidak memerlukan adanya oksigen, sedangkan fermentasi aerobik memerlukan oksigen untuk dapat berlangsung. Mikroorganisme yang tumbuh pada kondisi anaerob tidak memerlukan oksigen untuk tumbuh dan proses metabolismenya, sementara mikroorganisme aerob membutuhkan oksigen agar dapat tumbuh dan bermetabolisme. Terdapat juga mikroorganisme anaerob fakultatif yang dapat tumbuh dalam kondisi dengan atau tanpa oksigen. Sifat dependensi terhadap oksigen tersebut yang menyebabkan adanya keragaman mikroorganisme yang dapat tumbuh dari bahan yang sama pada kondisi fermentasi berbeda (Dermiyati et al., 2020). Beberapa pemanfaatan Mikroorganisme lokal (MOL) untuk mengolah air limbah diantaranya adalah MOL dari limbah dapur, lumpur endapan, isolasi dari kotoran ayam dll.

Anggarini *et al.*, (2015), yang meneliti tentang optimalisasi waktu retensi hidrolik (HRT) dan penambahan inokulum dalam mengolah air limbah tahu. Reaktor biofilter yang dipakai adalah biofilter anaerob dan inokulum yang digunakan adalah dari endapan lumpur dari saluran pembuangan air limbah tahu.

Dari penelitiannya didapatkan waktu retensi hidrolis (HRT) yang terbaik adalah 24 jam dan penambahan inokulum sebesar 15% yang menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 86,76%, BOD sebesar 79,23% dan TSS 67,88%. Sumiyati, (2019), pemberian bioaktivator MOL dari limbah dapur pada pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilm Anaerob- aerob memberikan hasil dengan efisiensi penurunan parameter COD dan BOD lebih tinggi dibandingkan dengan bioaktivator dari lumpur IPAL komunal.

Salah satu bahan MOL sebagai sumber mikroorganisme adalah kotoran ayam. Kotoran ayam mengandung karbohidrat dan protein yang tinggi, masing-masing dapat mencapai sebesar 31% dan 34,5% (Singh et al., 2018). Tingginya kandungan bahan organik pada kotoran hewan dapat menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganisme untuk bertumbuh. Pemanfaatan kotoran ayam sebagai MOL selain mudah didapatkan, mudah membuatnya, biaya lebih ekonomis karena bahan – bahannya sudah tersedia di sekitar, serta ramah lingkungan juga kotoran ayam ini memiliki kandungan sumber mikroorganisme. Nasution Fatimah, S (2012) mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bakteri asam laktat pada kotoran ayam sebagai agen probiotik dengan menggunakan uji morfologi dan pewarnaan gram serta uji biokimia. Hasil pengujian tersebut diperoleh 4 (empat) jenis bakteri diantaranya adalah *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus reuteri*, *Leuconostoc mesenteroides* dan *Streptococcus thermophilus*. Sumardi dkk (2009) mengisolasi bakteri dari saluran pencernaan ayam kampung (tembolok, ampela, usus) dan ditemukan 52 isolat bakteri yang mempunyai indeks proteolitik yang berbeda-beda. Isolat bakteri tersebut diantaranya terdapat bakteri *Bacillus*.

Sumarsih., dkk (2009) mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri asam laktat pada *caecum* (bagian dari usus besar) ayam pedaging. Hasil penelitiannya diperoleh 12 isolat bakteri asam laktat genus *Lactobacillus* dan genus *Leuconostoc*. Hasil isolat yang dapat teridentifikasi tersebut dapat digunakan sebagai starter fermentasi. *Bacillus sp* mampu memanfaatkan bahan organik yang terkandung dalam limbah dengan cara melepaskan enzim untuk menguraikan senyawa organik dan menghasilkan produk sampingan berupa gas karbondioksida (CO₂), metan (CH₄), hidrogen (H₂) dan air (H₂O) serta energi sebagai penunjang aktivitas metabolisme (Sumarsih, 2008). *Bacillus sp* mempunyai karakteristik selulolitik, proteolitik, lipolitik dan amilolitik (Sutiamiharjo, 2008). Berbagai bakteri dari genus *Bacillus* berpotensi dalam aplikasi pengolahan air limbah seperti dalam penelitian Wang et al, (2023), bakteri *Bacillus tequilensis* mempunyai kemampuan mendegradasi amoniak pada air limbah budidaya dengan laju degradasi 89.9% pada konsentrasi 100-500 ppm. Bakteri *Bacillus velezensis* juga menunjukkan potensinya dalam mengolah berbagai jenis air limbah seperti air limbah dari pemotongan hewan (Deng,et al, 2022); air limbah pembuatan bir (Agunbiade et al, 2022) dan air limbah pulp dan kertas (Nair et al, 2020). Othman dkk, (2023), memanfaatkan bakteri *Bacillus velezensis* untuk mengolah air limbah domestik dari berbagai aktivitas manusia seperti sektor perumahan, komersil, industri, peternakan dan pertanian yang menunjukkan COD pada air limbah domestik yang diolah mengalami penurunan setelah 216 jam dari 24 ppm menjadi 16,90 ppm; TSS mengalami penurunan 7,50 ppm menjadi 6,41 ppm.

Bacillus merupakan bakteri gram positif yang berbentuk batang dan membentuk endospora. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk memfermentasi glukosa dan memanfaatkan berbagai macam zat organik dan anorganik sebagai sumber nutrisi. *Bacillus* dapat berupa aerob obligat yang bergantung pada oksigen, atau anaerob fakultatif yang dapat bertahan hidup dalam keadaan kekurangan oksigen (Logan & Vos, 2015). *Bacillus* berperan dalam mengatur berbagai parameter kualitas air, termasuk aspek fisik seperti total padatan terlarut, dan faktor kimia seperti pH, kebutuhan oksigen kimia, dan kebutuhan oksigen biologis. *Bacillus* juga berkontribusi untuk mengurangi tumpahan minyak dan menjaga keseimbangan mikroba (Hlodzi et al., 2020).

Dalam penelitian ini air limbah yang akan digunakan adalah air limbah dari industri kerupuk ikan, sedangkan untuk teknologinya menggunakan teknologi kombinasi biofilter anaerob dan aerob dengan media batuan andesit dari sisa potongan pengrajin batu alam. Biokativator yang digunakan dengan memanfaatkan mikroorganisme lokal (MOL) yang bersumber dari kotoran ayam sebagai sumber bakterinya.

1.2 Perumusan masalah

Pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biofilter menjadi pilihan yang banyak digunakan untuk menurunkan berbagai polutan organik, karena memiliki keunggulan diantaranya adalah memiliki efisiensi penurunan konsentrasi parameter pencemarnya yang tinggi, namun tergantung dengan karakteristik air limbah yang diolah. Pemilihan media biofilter dan bioaktivator

sangat penting guna mempercepat proses *seeding* dan aklimatisasi serta meningkatkan efisiensi penyisihan parameter BOD, COD, TSS dan amoniak, oleh karena itu perumusan masalah dalam penelitian ini yang dinyatakan dalam bentuk pertanyaan, adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimanakah karakteristik air limbah industri kecil kerupuk ikan?
- 2) Apa saja jenis bakteri yang terkandung dalam MOL kotoran ayam yang berpotensi mampu berperan dalam proses pengolahan limbah cair?
- 3) Bagaimanakah perbandingan pencapaian waktu *seeding* dan aklimatisasi dalam reaktor biofilter anaerob dan aerob antara bioaktivator Mikroorganisme Lokal (MOL) dari kotoran ayam dengan pabrikanserta kontrol (tanpa bioaktivator)?
- 4) Bagaimanakah pengaruh HRT (*Hydraulic Retention Time*) dan perlakuan penambahan bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari kotoran ayam dan bioaktivator buatan pabrik (MicroBact) serta kontrol pada reaktor biofilter anaerob dan aerob dengan media biofilter potongan batu dari pengrajin batu alam dalam menurunkan konsentrasi Total Suspended Solid (TSS), BOD, COD dan Amonia pada limbah cair industri kecil kerupuk ikan?

1.3 Orisinalitas

Penelitian sebelumnya sudah dilakukan oleh beberapa peneliti yang berkaitan dengan pengolahan air limbah dengan menggunakan teknologi biofilter dan penambahan bioaktivator, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.1 Hasil Penelitian Terdahulu tentang pengolahan air limbah dengan menggunakan teknologi biofilter

No	Peneliti	Objek yang diteliti	Jenis dan media Biofilter	Bioaktivat or/ Inokulum	Parameter Penelitian
1	2	3	4	5	6
1	Hidayat, Fauzi dan Suoth, 2019	Air limbah domestik	Multimedia biofilter sistem resirkulasi	-	COD, BOD, TSS, Minyak dan lemak
2	Sumiyati,S., Purwanto,P., Sudarno,S, 2018	Air limbah domestik	Biofilter anaerob-aerob media kerikil vulkanik sistem kontinyu	Lumpur IPAL dan MOL dari limbah dapur	COD, HRT, Bioaktivator
3	Sri Sumiyati, 2019	Air limbah domestik dan limbah artifisial	Biofilter anaerob-aerob dengan media kerikil vulkanik sistem konyinyu	Lumpu IPAL dan MOL dari limbah dapur	COD, BOD, TSS, Amonium, HRT, Bioaktivator
4	Anggarini, et al, 2015	Air limbah tahu	Biofilter Anaerob-aerob	Lumpur endapan saluran pembuangan limbah tahu	COD, BOD, TSS, HRT
5	Yajie Li et al, 2016	Air limbah gasifikasi batubara	Biofilter anaerob system resirkulasi dengan media serbuk cellosilk	Lumpur	COD, Fenol
6	Zhang et al., 2016b	Limbah mengandung nitrogen	Media Polyurethane Sponge, system Moving Bed Biofilm Reactors (MBBRs}	-	Mikropolutan (COD, NO ₃ -N, NH ₄ -N, TN
7	Dutta Kasturi, 2014	Air limbah sintesis kota	Biofilm anaerob dengan media Karbon aktif granular dan Zeolite alam	-	COD
8	El-Shafai and Zahid, 2013	Air limbah kota	Reaktor biofilm terendam aerasi dengan media Batuan Vulkanik	-	TSS, COD, Ammonia, Nitrogen

9	Ikhlas, N., dkk, 2014	Limbah Cair Tapioka	Biofilm dengan media <i>Honeycomb</i> potongan Bambu	Effective Microorganism (EM4)	COD
10	Safwat, 2018	Air limbah primer	Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) media biofilm Polyethylene	Lumpur dan Effective Microorganism (EM4)	COD, Total Ammonia Nitrogen (TAN)
11	Zahra SA, dkk, 2019	Limbah Cair Tahu	Biofilm media jarring ikan dan bioball	-	COD, BOD

Penelitian diatas menunjukkan bahwa teknologi biofilter/biofilm sudah diteliti dengan berbagai media dan penambahan bioaktivator/inokulum untuk mengolah berbagai limbah cair, namun penelitian untuk jenis limbah industri kerupuk yang menggunakan teknologi biofilter/biofilm belum dilakukan. Penggunaan kerikil batu untuk media biofilter juga sudah dilakukan penelitian sebelumnya. Pemilihan limbah potongan batu dari pengrajin batu alam sebagai media biofilter, selain memanfaatkan limbah potongan batu yang sudah siap digunakan sebagai biofilter, juga tidak dilakukan proses pemecahan batu lagi. Penambahan bioaktivator/inokulum dalam teknologi biofilter juga sudah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, khususnya bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari bahan limbah dapur, namun untuk penambahan bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari bahan kotoran ayam untuk pengolahan limbah cair masih belum dilakukan. Pemilihan bioaktivator/inokulum dari bahan kotoran ayam disebabkan oleh kotoran ayam mengandung berbagai jenis mikroorganisme.

1.4 Tujuan penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja teknologi biofilter yang dioperasikan secara kontinyu dengan menggunakan media potongan batu dari limbah pengrajin batu alam dengan bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari kotoran ayam dalam mengolah limbah cair industri kecil kerupuk ikan.

2. Tujuan Khusus

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis karakteristik limbah cair industri kecil kerupuk ikan
- 2) Mengidentifikasi spesies bakteri potensial yang terkandung dalam MOL kotoran ayam yang berpotensi mampu mengolah air limbah.
- 3) Menganalisis waktu aklimatisasi biofilter menggunakan bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari kotoran ayam dan bioaktivator buatan pabrikan MicroBact.
- 4) Menganalisis pengaruh HRT (*Hydrolic Retention Tiime*) dan penggunaan Mikro Organisme Lokal (MOL) dari kotoran ayam dan bioaktivator buatan pabrikan pada biofilter anaerob dan aerob menggunakan media biofilter dari limbah potongan batu dari pengrajin batu alam dalam menurunkan konsentrasi Total Suspended Solid (TSS), BOD, COD, dan amonia pada limbah cair industri kecil kerupuk ikan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitiann ini air limbah yang digunakan adalah air limbah dari industri kecil kerupuk ikan yang berada di Desa Kenanga Kabupaten Indramayu. Sentra Industri ini merupakan salah satu UMKM pengolahan hasil perikanan. Teknologi pengolahan air limbah yang digunakan adalah kombinasi biofilter anaerob dan aerob dengan media biofilter batuan andesit dari sisa potongan batu pengrajin batu alam. Reaktor akan dioperasikan secara kontinyu. Sedangkan untuk mikrobiologi akan diuji jenis mikrobiologi yang terkandung dalam Mikro Organisme Lokal (MOL) dari bahan kotoran ayam. Parameter yang dianalisis adalah TSS, pH, BOD, COD dan Amonia.. Baku mutu yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah lampiran XIV baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan pengolahan hasil perikanan (Kegiatan Pembekuan).

1.6 Keterbaruan Penelitian (*Noveltis*)

Penggunaan teknologi biofilter dalam mengolah air limbah sudah sering dilakukan baik dalam skala penelitian maupun skala aplikasi di lapangan. Sampai saat ini peneliti belum menemukan pengolahan air limbah industri kerupuk ikan dengan menggunakan teknologi biofilter. Teknologi biofilter tidak terlepas dari media biofilter dan mikroorganisme. Media biofilter bisa berupa bahan alam seperti krikil ataupun buatan dari bahan sintesi. Penelitian ini menggunakan media biofilter alami dari bahan sisa potongan pengrajin batu alam yang berbentuk balok kecil, yang selama ini belum dimanfaatkan. Mikroorganisme ini bisa ditambahkan

ke dalam air limbah untuk mempercepat proses *seeding* dan aklimatisasi sebagai aktivator. Berbagai penelitian dengan penambahan mikroorganisme dalam bioaktivator sudah dilakukan baik bioaktivator pabrikan maupun Mikro Organisme Lokal (MOL) dari berbagai bahan organik. Namun bioaktivator Mikro Organisme Lokal (MOL) dari bahan kotoran ayam untuk pengolahan air limbah belum dilakukan. Bioaktivator dari bahan kotoran ayam ini akan dilakukan proses fermentasi (anaerob) dan aerob. Keterbaruan dari penelitian ini antara lain:

- 1) Penggunaan teknologi biofilter dalam mengolah air limbah industri kerupuk ikan;
- 2) Penggunaan kotoran ayam untuk bioaktivator anaerob untuk mempercepat waktu aklimatisasi pengolahan air limbah secara anaerob pada sistem biofilter
- 3) Penggunaan kotoran ayam untuk bioaktivator aerob untuk mempercepat waktu aklimatisasi pengolahan air limbah secara aerob pada sistem biofilter

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
 - 1) Mengembangkan teknologi biofilter sebagai alternatif pengolahan air limbah yang efektif
 - 2) Mengembangkan dan memanfaatkan bahan – bahan limbah sebagai alternatif yang dapat digunakan sebagai bioaktivator dan media biofilter.

2. Manfaat bagi Masyarakat

Bagi masyarakat khususnya UMKM di Sentra Industri Kecil Kerupuk ikan adalah teknologi biofilter ini dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair sehingga tidak mencemari air Sungai dan lingkungan sekitarnya.

3. Manfaat bagi Pemerintah

- 1) Mendukung upaya Pemerintah dalam menanggulangi pencemaran lingkungan dengan pengolahan air limbah komunal bagi industri kecil (UMKM) kerupuk ikan;
- 2) Memberikan alternatif pengolahan air limbah industri kecil (UMKM) kerupuk ikan dengan teknologi biofilter yang dalam perawatan dan operasionalnya lebih mudah.

SEKOLAH PASCASARJANA



SEKOLAH PASCASARJANA